

**SISTEM MONITORING KECEPATAN ROTASI MOTOR
LISTRIK PADA KAPAL LISTRIK NELAYAN**

SKRIPSI

*Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



WAHYU RESKI TOBAK

D331 16 306

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**SISTEM MONITORING KECEPATAN ROTASI MOTOR
LISTRIK PADA KAPAL LISTRIK NELAYAN**

SKRIPSI

*Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



WAHYU RESKI TOBAK

D331 16 306

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**“SISTEM MONITORING KECEPATAN ROTASI MOTOR LISTRIK PADA
KAPAL LISTRIK NELAYAN”**

Disusun dan diajukan oleh :

Wahyu Reski Tobak
D33116306

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 6 September 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng
Nip. 19810211 200501 1 003



Andi Husni Sitepu, S.T., M.T
Nip. 19770217 200112 1 001

Ketua Departemen,



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng
Nip. 19810211 200501 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Reski Tobak
NIM : D33116306
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan yang berjudul:

SISTEM MONITORING KECEPATAN MOTOR LISTRIK PADA KAPAL LISTRIK NELAYAN

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain. Bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 01 Oktober 2022
Yang menyatakan



Wahyu Reski Tobak
D33116306

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus atas rampungnya skripsi ini. Tentu banyak halangan dan rintangan yang menghadang penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, namun berkat petunjuk Tuhan telah membimbing penulis untuk terus berusaha menyelesaikan salah satu mata kuliah di departemen Teknik Sistem Perkapalan, Universitas Hasanuddin.

Skripsi ini adalah persyaratan untuk menyelesaikan studi di departemen Teknik Sistem Perkapalan – Universitas Hasanuddin. Penulis harus mengakui, bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, semua karena keterbatasan waktu dan pengetahuan serta kemampuan penulis sebagai manusia biasa. Untuk itu penulis mohon maaf atas semua kekurangan dan kesalahan yang terjadi di dalam penulisan skripsi “Sistem Monitoring Kecepatan Rotasi Motor Listrik Pada Kapal Listrik Nelayan” ini, serta penulis berharap masukan dan saran agar kedepannya penulis dapat lebih baik lagi.

Pada penulisan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, secara moril maupun materil. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-setingginya kepada:

1. **Tuhan Yesus Kristus**
2. **Bapak Alm. Yohanes Tobak dan Ibu Dra. Esther Papa Tomassoyan** yang telah mengambil peran ganda sebagai orang tua yang memberikan dukungan doa, motivasi serta materil kepada penulis selama berkuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
3. **Kakak Yauri Imanuel Tobak S.T.,** beserta **Kakak Yustin S.HUT** selaku kakak yang selalu memberikan dukungan moril dan materil.
4. **Pdt. Ayub A Tomassoyan S.Th., M.Th.** dan **Pdm. Adriana Liling Tasik S.Th.,** selaku orang tua penulis di kota Makassar yang turut membantu dalam doa serta materi dalam penyelesaian kuliah penulis di Teknik Sistem perkapalan.
5. **Dr. Eng Faisal Mahmudin S.T., M.Eng** selaku ketua departemen sekaligus dosen pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktunya

untuk membantu penulis dengan memberikan bimbingan, kritik, saran serta materil.

6. **Andi Husni Sitepu S.T.,M.T** selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing serta mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. **Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D dan Ir. Sherly Klara, S.T., M.T** selaku dosen penguji.
8. **Bapak/Ibu Dosen** serta seluruh **Staf** Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan.
9. **Pak Rahman** selaku Staf Administrasi Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu penulis dalam hal administratif.
10. **Cindy Bandaso** yang selalu membantu dalam segala hal untuk penyelesaian skripsi ini.
11. **Teman-teman The Last Anzyz16 dan Cruizer16** yakni kawan-kawan seperjuangan yang selalu memberikan *support*-nya dan bantuannya serta ikut mewarnai masa perkuliahan.
12. **Saudara saudara Aquman09** yakni **Ammat, Ihwal, Ali, Petra, Mifta pung, Ais, dan ride** telah menjadi kawan yang baik selama kehidupan di dunia perkuliahan.

Akhirnya, penulis berharap senantiasa skripsi ini bisa bermanfaat bagi penulis dalam hal pribadi serta bagi para pembaca yang akan menjadikan skripsi ini sebagai referensi dalam pembelajaran ataupun dalam hal menyusun skripsi. Semoga Tuhan senantiasa memberikan kemudahan kepada kita semua. Amin.

Gowa, 03 Juli 2022

Penulis

Wahyu Reski Tobak

ABSTRAK

Wahyu Reski Tobak. *D33116306. SISTEM MONITORING KECEPATAN ROTASI MOTOR LISTRIK PADA KAPAL LISTRIK NELAYAN*, dibimbing oleh Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng., and Andi Husni Sitepu, S.T., M.T. Kekhawatiran Organisasi Maritim Internasional (IMO) terhadap meningkatnya efek gas rumah kaca (greenhouse gas/GHG emission) dan konsumsi bahan bakar fosil dalam setiap aktivitas pelayaran maka IMO menetapkan dua standar dalam penghematan bahan bakar kapal yaitu Indeks Desain Penghematan Bahan Bakar atau Energy Efficiency Design Index (EEDI) dan manajemen penghematan bahan bakar kapal atau Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Kekhawatiran Organisasi Maritim Internasional (IMO) terhadap meningkatnya efek gas rumah kaca (greenhouse gas/GHG emission) dan konsumsi bahan bakar fosil dalam setiap aktivitas pelayaran maka IMO menetapkan dua standar dalam penghematan bahan bakar kapal yaitu Indeks Desain Penghematan Bahan Bakar atau Energy Efficiency Design Index (EEDI) dan manajemen penghematan bahan bakar kapal atau Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Dengan demikian di butuhkan monitoring dan pengontrol kecepatan motor dc. Motor DC dapat menggantikan mesin diesel yang digunakan sebagai mesin penggerak utama kapal, motor DC memiliki beberapa kelebihan, biaya perawatan yang murah, tidak mengeluarkan gas emisi, serta keandalan yang tinggi. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk membuat instalasi motor listrik DC pada circulating water channel (CWC), serta membuat program arduino untuk memonitoring tegangan dan arus dari motor listrik. Dalam pengoperasiannya menggunakan mikrokontroler Arduino, sensor Tegangan ACS712 dan LCD Oled. Pada penelitian ini dilakukan variasi tegangan yaitu 3 Volt, 6 Volt, 9 Volt, dan 12 Volt untuk mendapatkan kecepatan arus dari hasil putaran Motor DC.

Kata Kunci : Motor DC, Arduino, Gas Emisi

ABSTRACT

Wahyu Reski Tobak. D33116306. **MONITORING SYSTEM OF ROTATION SPEED OF ELECTRIC MOTOR ON ELECTRIC FISHING SHIP**, Supervised by Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng., and Andi Husni Sitepu, S.T., M.T.

Concerns of the International Maritime Organization (IMO) regarding the increasing effects of greenhouse gas (GHG emission) and fossil fuel consumption in every shipping activity, IMO has set two standards in ship fuel savings, namely the Energy Efficiency Design Index. (EEDI) and Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Concerns of the International Maritime Organization (IMO) regarding the increasing effects of greenhouse gas (GHG emission) and fossil fuel consumption in every shipping activity, IMO has set two standards in ship fuel savings, namely the Energy Efficiency Design Index. (EEDI) and Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Thus in need of monitoring and controlling the speed of a dc motor. DC motors can replace diesel engines that are used as the main propulsion engine for ships, DC motors have several advantages, low maintenance costs, do not emit gas emissions, and high reliability. The purpose of this study was to make a DC electric motor installation on the circulating water channel (CWC), as well as create an Arduino program to monitor the voltage and current of an electric motor. In operation it uses an Arduino microcontroller, ACS712 Voltage sensor and an OLED LCD. In this study, voltage variations were carried out, namely 3 Volts, 6 Volts, 9 Volts, and 12 Volts to obtain the current speed of the DC motor rotation.

Keywords : *DC Motors, Arduino, Emission Gas.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN SAMBUNG.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	viii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kapal Listrik Nelayan.....	4
2.2 Sistem Monitoring.....	4
2.3 Motor Listrik.....	6
2.3.1 Motor Listrik AC.....	6
2.3.2 Motor Listrik DC.....	8
2.3.3 Prinsip dan Mekanisme Kerja Motor Listrik.....	11
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Studi Literatur.....	17
3.3 Desain Alat Pengujian.....	17
3.4 Kasus yang diuji.....	19
3.5 Perancangan Alat.....	19
3.6 Alat, Bahan, dan Komponen Penelitian.....	20
3.7 Tahapan Penelitian.....	25

3.8	Kerangka Pikir	26
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Gambaran Umum	27
4.2	Pembuatan Program	27
4.3	Hasil Pengujian Kecepatan Rotasi Motor Listrik dan Kecepatan Aliran.....	36
4.4	Validasi Hasil Pengukuran Kecepatan Rotasi Motor Listrik dan Kecepatan Aliran.....	38
BAB 5.	PENUTUP	Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN		
Lampiran 1. Kode Program		
Lampiran 2. Proses Perawatan Tangki CWC dan Dokumentasi Kegiatan		
Lampiran 3. Makalah		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ev Kalina.....	4
Gambar 2. 2 Klasifikasi Motor Listrik.....	6
Gambar 2. 3 Penentuan Arah Gerak Kawar Berarus	11
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Motor DC.....	12
Gambar 2. 5 Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik	13
Gambar 2. 6 Proses Konversi Energi pada Motor DC.....	14
Gambar 2. 7 Proses Konversi Energi pada Motor DC.....	15
Gambar 2. 8 Proses Konversi Energi pada Motor DC.....	16
Gambar 3. 1 <i>Desain Circulating Water Channel (CWC)</i>	18
Gambar 3. 2 Ilustrasi <i>Circulating Water Channel (CWC)</i>	18
Gambar 3. 3 Komponen penelitian pada CWC	19
Gambar 3. 4 Alat Pengujian	20
Gambar 4. 1 Diagram Perencanaan Pengontrol Kecepatan	28
Gambar 4. 2 Skematik pada bagian kotak Kontrol.....	28
Gambar 4. 3 Intalasi Komponen Pada CWC.....	29
Gambar 4. 4 Motor DC terpasang pada alat CWC.	33
Gambar 4. 5 Rangkaian kabel yang terhubung satu sama lain.	34
Gambar 4. 6 Pengetesan Motor DC.....	34
Gambar 4. 7 Propeller Motor DC berputar	35
Gambar 4. 8 Pengukuran rotasi Motor DC tanpa beban.	35
Gambar 4. 9 Pengukuran rotasi Motor DC dengan beban (didalam air)	36
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian Kecepatan Rotasi Motor DC.....	37
Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Kecepatan Aliran.....	38
Gambar 4. 12 Perbandingan Persentase RPM dan PWM	39
Gambar 4. 13 Perbandingan Persentase RPM dan PWM tanpa beban.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dimensi tangki CWC	18
Tabel 3.2 Kasus yang diuji	19
Tabel 3.3 Daftar alat, bahan, dan komponen penelitian.....	20
Tabel 4. 1 Pengukuran dengan Arduino kecepatan rotasi Motor DC dengan beban dan kecepatan aliran.....	37
Tabel 4.2 Pengukuran Manual kecepatan rotasi Motor DC tanpa beban.....	38
Tabel 4.3 Pengukuran Manual kecepatan rotasi Motor DC dengan beban.....	39

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

IMO	: <i>International Maritime Organization</i>
EEDI	: <i>Energy Efficiency Design Index</i>
SEEMP	: <i>Ship Energy Efficiency Management Plan</i>
INDC	: <i>Intended Nationally Determined Contributions</i>
IPPU	: <i>Industrial process and product use</i>
AFOLU	: <i>Agriculture, and other land use</i>
CWC	: <i>Circulating Water Channel</i>
N_s	: <i>Kecepatan Sinkron (m/s)</i>
\mathcal{F}	: <i>Frekuensi Dari Pasokan Frekuensi (Hz)</i>
P	: <i>Jumlah Kutub</i>
AC	: <i>Alternating Current (A)</i>
DC	: <i>Direct Current (A)</i>
PWM	: <i>Pulse Width Modulation</i>
F	: <i>Gaya Lorentz (N)</i>
B	: <i>Medan Magnet (Tesla)</i>
l	: <i>Panjang Kawat Penghantar (m)</i>
V_t	: <i>Tegangan Jangkar (V)</i>
E_a	: <i>Gaya Gerak Listrik Lawan (V)</i>
I_a	: <i>Arus Jangkar (A)</i>
R_a	: <i>Tahanan Jangkar (N)</i>
n	: <i>Putaran (RPM)</i>
ϕ	: <i>Fluks/kutub (Wb)</i>
K	: <i>Konstanta</i>

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kekhawatiran Organisasi Maritim Internasional (IMO) terhadap meningkatnya efek gas rumah kaca (*greenhouse gas/GHG emission*) dan konsumsi bahan bakar fosil dalam setiap aktivitas pelayaran maka IMO menetapkan dua standar dalam penghematan bahan bakar kapal yaitu Indeks Desain Penghematan Bahan Bakar atau *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) dan manajemen penghematan bahan bakar kapal atau *Ship Energy Efficiency Management Plan* (SEEMP). Desain Penghematan Bahan Bakar (*Energy Efficiency Design Index*) adalah suatu desain untuk memonitor jumlah dari gas CO₂ serta gas emisi berbahaya yang dari hasil pembakaran tak sempurna pada mesin kapal. Manajemen penghematan bahan bakar kapal (*Energy Efficiency Management Plan*) adalah suatu instrument untuk mengukur serta mengontrol efek gas rumah kaca (*greenhouse gas/GHG emission*) dari kapal (Aritenang, 2019).

Indonesia sejak 2007 sudah berkomitmen untuk menurunkan emisi karbon sebesar 26%, dan pada tahun 2020 lewat *Intended Nationally Determined Contributions* (INDC), Indonesia menetapkan pengurangan emisi gas rumah kaca sebesar 29% tanpa syarat (dengan usaha sendiri) serta 41% bersyarat (atas bantuan internasional yang sesuai) pada tahun 2030. Indonesia menargetkan pengurangan gas emisi rumah kaca ini akan berfokus pada sektor energi, limbah, *Industrial process and product use* (IPPU), serta *Agriculture, and other land use* (AFOLU) (Siagian dkk, 2017).

Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk pengurangan pemakaian bahan bakar fosil adalah dengan penggantian sistem penggerak kapal dari mesin berbahan bakar fosil ke motor listrik, selain pengurangan pemakaian bahan bakar fosil. Manfaat lain dari pemakaian motor listrik adalah efek gas rumah kaca (*greenhouse gas/GHG emission*) juga dapat ditekan dengan penggunaan mesin listrik sebagai sistem penggerak kapal ini. Namun, dalam penerapannya motor listrik ini membutuhkan nilai investasi yang sangat tinggi tetapi di satu sisi

perawatan mesin listrik sangatlah minim. Sehingga memang akan lebih baik ketika motor listrik di aplikasikan pada sistem penggerak kapal (Fitriyatus dkk, 2018).

Berdasarkan pemikiran terhadap hal-hal yang telah penulis uraikan, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai : “Sistem Monitoring Kecepatan Rotasi Motor Listrik Pada Kapal Listrik Nelayan”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka ditentukan permasalahan yang ada yaitu:

1. Bagaimana instalasi motor listrik untuk aplikasi pada kapal nelayan di *circulating water channel* (CWC)?
2. Bagaimana membuat program untuk mengontrol kecepatan motor listrik, kecepatan arus air, dan tegangan dari motor listrik?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah digunakan agar terhindar dari penyimpangan dan pelebaran pokok masalah agar permasalahan dan tujuan dapat dicapai dengan baik. Maka dari itu, adapun batasan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Objek penelitian Kapal Kalina RV 01.
2. Penelitian dilaksanakan pada alat *circulating water channel* (CWC).
3. Penelitian menggunakan motor listrik DC 200watt.
4. Komponen sistem pengontrol parameter tegangan dan arus motor listrik adalah *Arduino uno*.
5. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat instalasi motor listrik pada *Circulating Water Channel* (CWC).
2. Membuat program untuk mengontrol tegangan dan arus dari motor listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai referensi untuk penggunaan motor listrik pada system propulsi kapal.

2. Dapat menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan topik ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulis menyusun proposal skripsi ini dengan sistematis agar pembaca mudah memahaminya, maka skripsi disusun sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini melingkupi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan teori-teori dasar yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini terutama yang berisi teori

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan waktu dan lokasi penelitian, tahapan atau prosedur penelitian sehingga didapatkan hasil akhir yang diharapkan

BAB IV : PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan hasil penelitian yang didapatkan dan membahas hasil dari penelitian tersebut.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran sebagai jawaban akhir dari permasalahan yang di analisa.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Listrik Nelayan

Kapal merupakan salah satu sarana transportasi di air, karena membutuhkan daya yang sangat besar untuk bergerak, kapal umumnya memakai mesin diesel untuk penggerak utamanya. Kapal beroperasi dalam jangka waktu yang cukup lama sehingga menghabiskan bahan bakar yang banyak (*diesel oil*), yang mana kita ketahui Solar (*diesel oil*) merupakan bahan bakar fosil yang akan habis suatu saat nanti, serta menghasilkan polusi udara yang cukup besar (Siagian dkk, 2017).

Kapal nelayan atau biasa juga disebut kapal penangkap ikan adalah perahu ataupun kapal yang diperuntukan untuk menangkap hasil laut, sungai ataupun danau. Kapal ini secara khusus dipergunakan untuk menangkap ikan, termasuk menampung dan mengangkut, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan ikan (Pujo, 2012).



Gambar 2.1 Ev Kalina

2.2 Sistem Monitoring

Monitoring adalah proses pengumpulan dan analisis informasi berdasarkan indikasi yang telah ditetapkan secara sistematis dan kontinu tentang kegiatan / program sehingga dapat dilakukan tindakan koreksi untuk penyempurnaan program / kegiatan itu selanjutnya. Monitoring adalah pemantauan yang dapat dijelaskan sebagai kesadaran (*awerness*) tentang apa yang ingin diketahui, pemantauan berkadar tingkat tinggi dilakukan agar dapat membuat pengukuran melalui waktu yang menunjukkan pergerakan kearah tujuan atau menjauh dari itu. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu,

pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa terhadap proses berikut objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis antara lain tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan. (Widiastuti & Susanto, 2014).

Sistem kontrol merupakan kombinasi dari beberapa komponen yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga mampu untuk mengukur sistem lain bahkan mampu mengatur dirinya sendiri. Sistem kontrol telah memegang peranan yang sangat penting didalam perkembangan ilmu dan teknologi. Di samping sangat diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudian pesawat, pengontrolan level cairan, pengontrolan kecepatan putar motor, sistem kontrol telah menjadi bagian yang terpenting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya, sistem kontrol perlu sekali dalam kontrol numerik dari mesin alat-alat bantu di industri manufaktur. Hal ini juga perlu sekali dalam proses industri seperti pengendalian tekanan, suhu, kelembaban dalam proses industri.

Penggunaan motor DC di dunia industri sangat penting. Kecepatan dan torsi motor DC sangat mempengaruhi kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan. Untuk itu, diperlukan sistem kontrol motor DC yang dapat diatur kecepatan dan torsinya. Banyak pelaku industri mengeluhkan kerusakan pada motor DC nya yang disebabkan beban yang diangkut motor DC melebihi kemampuan torsi motornya. Berdasarkan permasalahan tersebut dibuatlah sistem kontrol torsi motor DC (Ikhsan dkk, 2018).

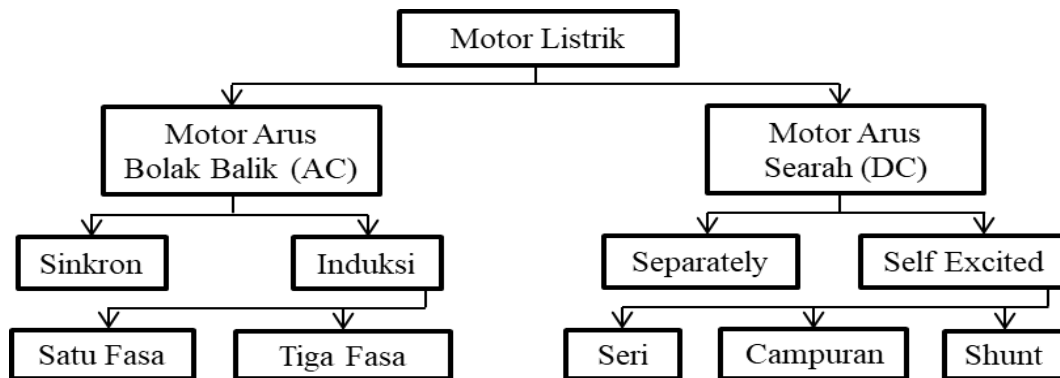
Sistem kontrol torsi dibuat dengan cara mengatur arus armaturnya pada motor DC penguat terpisah dengan kondisi arus fieldnya tetap. Sistem kontrol torsi ini bersifat dua level yaitu, sistem kontrol kecepatan dan sistem kontrol arus sehingga sinyal keluaran sistem kontrol kecepatan akan menjadi sinyal reference arus (Ibrahim dkk, 2016).

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi

PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya.(Prayoga, 2012)

2.3 Motor Listrik

Motor listrik merupakan suatu perangkat yang mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanik yang mana energi mekanik yang dihasilkan berupa putaran dari motor. Pada motor listrik ini energi listrik diubah menjadi energi mekanik, transformasi ini terjadi dengan mengubah energi listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Karena terjadinya proses ini maka kita mendapatkan gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada poros yang dapat berotasi. Motor listrik digunakan diberbagai kebutuhan baik itu dalam rumah tangga, maupun komponen pada kendaraan roda 2 maupun roda 4. Penggunaannya yang begitu familiar maka dari itu motor listrik dibedakan oleh jenis arus yang dibutuhkannya untuk bergerak. Adapun motor listrik terbagi dua jenis sebagai berikut:



Gambar 2.2 Klasifikasi Motor Listrik

2.3.1 Motor Listrik AC

Motor listrik AC atau motor listrik arus bolak balik (*alternating current*) adalah motor arus bolak balik yang menggunakan arus listrik untuk membalikkan arahnya dalam waktu tertentu secara teratur. Motor listrik memiliki 2 komponen dasar yaitu “stator” dan “rotor”. Rotor adalah komponen yang dapat berputar serta memutar asmotor (Anthony, 2010).

a. Motor Sinkron

Motor sinkron adalah salah satu jenis dari motor AC yang mempunyai kecepatan konstan, frekuensi yang akan diberikan berbanding lurus dengan kecepatan yang akan dihasilkan, tetapi untuk motor sinkron ini akan lebih baik jika ketika digunakan untuk kecepatan yang lebih rendah. Kelebihan yang dapat didapatkan dari motor sinkron adalah dapat dioperasikan pada faktor daya lagging maupun leading, dan tidak terjadi slip yang mungkin akan menimbulkan rugi-rugi daya sehingga dapat dikatakan motor ini memiliki efisiensi tinggi (Firmansyah dkk, 2019)

Motor sinkron berputar dengan kecepatan sinkron (N_s), maka persamaan matematisnya sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 \mathcal{F}}{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana,

\mathcal{F} = Frekuensi dari pasokan frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub (pool)

b. Motor Induksi

Selain motor sinkron jenis dari motor AC lainnya adalah motor induksi yang disebut juga motor asinkron. Motor Induksi bekerja dengan induksi medan magnet stator ke statornya, yang mana arus rotor motor ini tidak didapat dari sumber tertentu, melainkan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relative antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Secara umum motor induksi adalah motor yang paling sering digunakan diberbagai peralatan industri maupun rumah tangga, karena rancangannya yang sederhana, murah dan sangat mudah didapatkan.

Motor induksi satu phase, memiliki hanya satu gulungan stator, yang dioperasikan pada sistem listrik 1 phase yang mempunyai jaringan listrik memakai 2 kawat penghantar yang kesatu sebagai kawat phase (L) dan yang lainnya sebagai kawat neutral (N). Contohnya pada peralatan rumah tangga seperti mesin cuci, kipas angin, pompa air, kulkas dan lain sebagainya (Bagia & Parsa, 2017).

2.3.2 Motor Listrik DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Arah putaran motor DC ditentukan oleh arus maju atau arus berbalik atau tegangan positif dan tegangan negatif pada motor DC. Sedangkan kecepatan motor DC ditentukan oleh perubahan/meningkatnya tegangan kumparan pada motor DC tersebut. Biasanya, rangkaian *H bridge* digunakan untuk mengubah arah putaran motor sedangkan kecepatan menggunakan variabel resistor atau potensio. Kontrol manual tersebut terkadang tidak dapat diaplikasikan pada kondisi tertentu seperti pintu otomatis, garasi otomatis, pagar otomatis, dan lainnya yang memerlukan gerak yang dikendalikan oleh motor DC (actuator), sehingga diperlukan sistem pengendali / *microcontroller* (Setiawan, 2017).

Untuk meningkatkan kenyamanan dan sistem kendali jarak jauh, diperlukan pengembangan terhadap kontrol motor DC yang dapat dikendalikan menggunakan *handphone*. Pada umumnya, operating system pada *handphone* berbasis *Android System* sehingga untuk dapat mengendalikan motor DC menggunakan *handphone* diperlukan pemograman aplikasi yang bekerja pada *Android System*. Untuk komunikasi antara perangkat *handphone* dan kontrol memanfaatkan *bluetooth* (Setiawan, 2017).

Motor DC merupakan salah satu jenis motor yang ada sampai saat sekarang ini. Keberadaan *motor DC* sendiri sangat membantu umat manusia terutama dibagian perindustrian. Pada *motor DC* dibutuhkan sistem untuk mengoperasikannya, mengatur kecepatan *motor DC* dengan sistem mengendalikan nilai *PWM* serta sistem antarmuka untuk mengontrol dan memonitoring pada saat pengoperasian. Perancangan alat ini menggunakan komponen hardware dan software. Adapun komponen hardware diantaranya rangkaian, arduino Uno, catu daya, sensor tegangan, sensor arus, *gate drive*, *motor DC*, dan *software Visual Basic*. Tahapan pengujian yang dilakukan yaitu dengan mengukur output tiap komponen, jika sudah sesuai persyaratan maka rangkaian siap dioperasikan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa

telah berhasil melakukan pengoperasian *motor DC* dengan pengontrolan lewat antarmuka (PC) (Candra, 2020).

Motor listrik dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi saat terjadi interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan putaran. *Motor DC* sendiri memiliki komponen Penulis seperti rotor dan stator. Rotor terdiri dari as, inti, kumparan jangkar dan komutator. *Motor DC* yang dipakai untuk pembuatan tugas akhir ini adalah jenis *motor DC* penguatan terpisah. *Motor DC* penguatan terpisah, kerja dari motor ini dapat menambah kemampuan daya dan kecepatan karena memiliki fluks medan yang dihasilkan oleh kumparan medan, yang terletak secara terpisah dan mempunyai sumber. Jenis *motor DC* penguatan terpisah mempunyai kumparan medan yang disuplai oleh sumber lain yang bebas (Candra, 2020).

a. *Motor DC* Sumber Daya Terpisah (*Separately Excited*)

Pada *Motor DC* jenis sumber daya terpisah ini, sumber arus listrik untuk kumparan medan (*field winding*) terpisah dengan sumber arus listrik untuk kumparan angker (*armature coil*). Karena adanya rangkaian tambahan dan kebutuhan sumber daya tambahan untuk pasokan arus listrik, *Motor DC* jenis ini menjadi lebih mahal sehingga akan lebih jarang untuk digunakan. *Separately Excited Motor DC* ini umumnya digunakan di laboratorium untuk penelitian dan peralatan-peralatan khusus (Firmansyah dkk. 2019).

b. *Motor DC* Sumber Daya Sendiri (*Self Excited DC Motor*)

Pada *Motor DC* jenis Sumber Daya Sendiri atau *Self Excited Motor DC* ini, kumparan medan (*field winding*) dihubungkan secara seri, paralel ataupun kombinasi seri-paralel dengan kumparan angker (*armature winding*). *Motor DC* Sumber Daya Sendiri ini terbagi lagi menjadi 3 jenis *Motor DC* yaitu Shunt DC Motor, Series DC Motor dan *Compound DC Motor* (Firmansyah dkk, 2019).

• ***Motor DC tipe Shunt (Shunt DC Motor)***

Motor DC tipe Shunt adalah *Motor DC* yang kumparan medannya dihubungkan secara paralel dengan kumparan angker (*armature winding*). *Motor DC* tipe Shunt ini merupakan tipe *Motor DC* yang sering digunakan, hal ini

dikarenakan *Motor DC Shunt* memiliki kecepatan yang hampir konstan meskipun terjadi perubahan beban (kecepatan akan berkurang apabila mencapai torsi (*torque*) tertentu). Karena Kumputan Medan dan Kumputan Angker dihubungkan secara paralel, maka total arus listrik merupakan penjumlahan dari arus yang melalui kumputan medan dan arus yang melalui kumputan angker. Kecepatannya dapat dikendalikan dengan memasang sebuah resistor/tahanan secara seri dengan kumputan medan ataupun seri dengan kumputan angker. Jika resistor/tahanan tersebut dipasang secara seri dengan kumputan medan maka kecepatannya akan berkurang, sedangkan apabila resistor/tahanan tersebut dipasang secara seri dengan kumputan angker maka kecepatannya akan bertambah (Firmansyah dkk, 2019).

Tipe shunt dengan gulungan medan disambungkan secara paralel dengan gulungan dynamo, karakteristik dari tipe shunt yaitu kecepatannya konstan sedangkan beban tidak mempengaruhi dan kecepatan dapat dikendalikan dengan memasang beban secara seri pada dynamo (Susanto dkk, 2021).

- ***Motor DC tipe Seri (Series DC Motor)***

Motor DC tipe Seri atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Series DC Motor* ini adalah *Motor DC* yang kumputan medannya akan dihubungkan secara seri dengan kumputan angker (*armature winding*). Dengan hubungan seri tersebut, arus listrik pada kumputan medan adalah sama dengan arus listrik pada kumputan angker. Kecepatan pada *Motor DC* tipe seri ini akan berkurang seiring dengan penambahan beban yang diberikan pada *motor DC* tersebut. Karakter kecepatan dari *Motor DC* tipe Seri adalah kecepatan dibatasi pada 5000 RPM. *Motor DC* jenis ini tidak boleh digunakan tanpa ada beban yang terpasang karena akan berputar cepat tanpa terkendali (Firmansyah dkk, 2019).

Tipe seri dengan gulungan medan disambungkan secara seri dengan gulungan dynamo karakteristik tipe seri yaitu kecepatan terbatas pada 500 rpm dan harus menghindari menjalankan motor tanpa beban (Susanto dkk, 2021).

- ***Motor DC tipe Gabungan (Compound DC Motor)***

Compound DC Motor atau *Motor DC* tipe Gabungan ini adalah gabungan *Motor DC* jenis Shunt dan *Motor DC* jenis Seri. Pada *Motor DC* tipe Gabungan

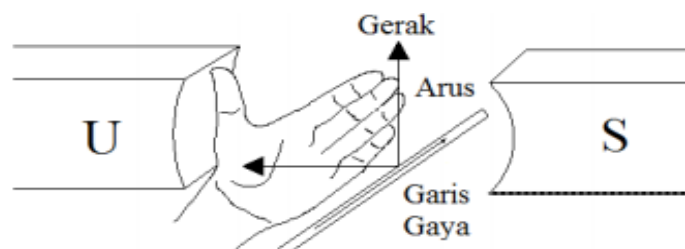
ini, Terdapat dua Kumbaran Medan (*Field Winding*) yang masing-masing dihubungkan secara paralel dan Seri dengan Kumbaran Angker (*Armature Winding*). Dengan gabungan hubungan seri dan paralel tersebut, *Motor DC* jenis *Compound* ini mempunyai karakteristik seperti *Series DC Motor* yang memiliki torsi (*torque*) awal yang tinggi dan karakteristik *Shunt DC Motor* yang berkecepatan hampir konstan. *Motor DC* tipe Gabungan (*Compound DC Motor*) ini dapat dibedakan lagi menjadi dua jenis yaitu *Long Shunt Compound DC Motor* yang kumbaran medannya dihubungkan secara paralel dengan kumbaran angkernya saja dan dan *Short Shunt Compound DC Motor* yang kumbaran medannya secara paralel dengan kombinasi kumbaran medan seri dan kumbaran angker (Firmansyah dkk, 2019).

Tipe gabungan dengan menggabungkan tipe seri dan shunt. 3 jenis tipe tersebut memiliki karakteristik masing masing sesuai kegunaanya karakteristik tipe gabungan yaitu semakin tinggi resentasi gabungan maka akan semakin tinggi juga torsi penyalan awal yang di lakukan (Susanto dkk, 2021).

2.3.3 Prinsip dan Mekanisme Kerja Motor Listrik

a. Prinsip kerja motor listrik

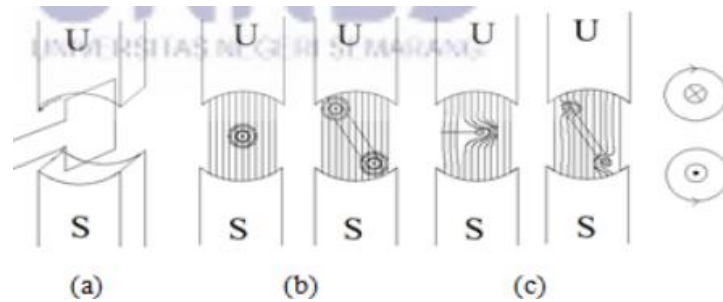
Menurut penjelasan Rijono (1997), bahwa jika sepotong kawat dialiri arus listrik diantara dua kutub magnet kutub utara (KU) dan kutub selatan (KS), maka pada kawat tersebut terkena suatu gaya *Lorentz*. Arah gerakan kawat sesuai dengan aturan tangan kiri (perhatikan gambar 2.3).



Gambar 2. 3 Penentuan Arah Gerak Kawar Berarus
Sumber : Rijono, 1997

Untuk mengetahui arah putaran dari motor searah atau berlawanan dengan jarum jam, perhatikan gambar 2.3, pada gambar 2.3 arus listrik yang mengalir melalui sisi kumbaran sebelah atas dekat kutub utara (KU) meninggalkan kita sedangkan arah arus sebelah bawah dekat kutub selatan (KS) menuju kita, maka

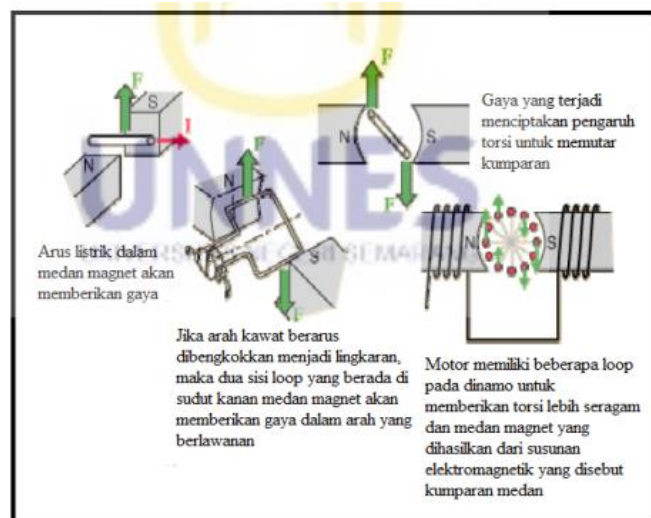
kumparan akan berputar berlawanan arah jarum jam (perhatikan arah medan magnet) sekitar kawat yang terdapat pada gambar 2.4.b dan 2.4.c. Jika ujung kumparan dihubungkan sumber listrik DC dengan polaritas berlawanan dengan polaritas baterai yang terdapat pada gambar 2.4.a, maka kumparan akan berputar searah dengan jarum jam lebih jelasnya lihat gambar (Yon Rijono, 1997).



Gambar 2.4 Prinsip Kerja *Motor DC*
Sumber : Rijono, 1997

b. Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama yaitu:

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
- Jika kawat pembawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop atau pada sudut kanan medan magnet akan mendapat gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/*torque* untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya, yang berguna untuk memberi tenaga putaran yang lebih seragam. Medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik, yang disebut sebagai kumparan medan.



Gambar 2.5 Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik
Sumber : Nave, 2014

Dalam memahami sebuah motor, sangatlah penting untuk mengerti tentang apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu pada keluaran tenaga putar / *torque*, sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban pada umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok:

- Beban *torque* konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya, namun torsi tidak bervariasi. Untuk contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kiln*, dan pompa displacement konstan.
- Beban dengan variabel torsi adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Untuk contoh beban dengan variabel torsi, adalah pompa sentrifugal dan fan (torsi bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).
- Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

c. Prinsip Kerja Motor DC

Pada *motor DC*, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konverter energi baik energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun

sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) dimana berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem ke sistem yang lainnya, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem lainnya. Dengan demikian, medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi juga sekaligus menjadi proses perubahan energi, dimana proses perubahan energi pada motor arus searah dapat digambarkan pada gambar 2.6 (Setiawan, 2017).



Gambar 2.6 Proses Konversi Energi pada *Motor DC*
 Sumber : Rijono, 1997

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum, yaitu :

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / *torque* untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan. (Fadil, 2014)

Dengan mengingat hukum kekekalan energi, yang mana proses konversi energi listrik menjadi energi mekanik dapat dinyatakan sebagai berikut:

Energi listrik sebagai input = Energi mekanik sebagai output + energi yang diubah menjadi panas + Energi yang tersimpan dalam medan magnet.

$$F = B \cdot i \cdot l \dots\dots\dots(2.2)$$

Arah gaya ini akan ditentukan oleh aturan tangan kiri, dengan ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah saling tegak lurus menunjukkan masing – masing arah. Persamaan di atas adalah merupakan prinsip dari sebuah motor arus searah,

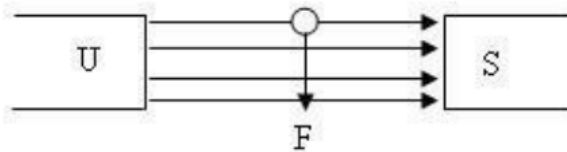
dimana terjadi proses perubahan energi listrik menjadi energi mekanik. Bila jari-jari rotor adalah r, maka torsi yang akan dibangkitkan adalah :

$$T = F.r = B.i.l.r \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana,

l = Panjang penghantar

r = Jari-jari rotor



Gambar 2. 7 Proses Konversi Energi pada *Motor DC*
 Sumber : Rijono, 1997

Pada saat gaya F dibangkitkan, konduktor bergerak didalam medan magnet dan akan menimbulkan gaya gerak listrik (GGL) yang merupakan reaksi (lawan) terhadap tegangan penyebabnya. Agar proses konversi energi listrik menjadi energi mekanik (motor) dapat berlangsung, tegangan sumber harus lebih besar dari gaya gerak listrik lawan . Torsi akan memutar rotor bila yang terbangkit telah memiliki torsi lawan dari motor dan beban. Rumus kecepatan putar (n), yaitu :

$$n = \frac{Vt - Ia.Ra}{k.\phi} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan,

n = Putaran (RPM)

Vt = Tegangan jangkar (V)

Ia = Arus Jangkat (A)

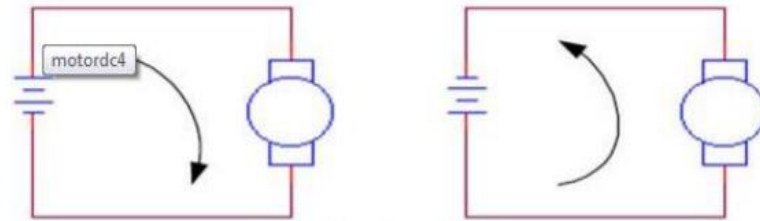
Ra= Tahanan Jangkar

k = Konstanta

φ = Fluks/kutub

Dari persamaan diatas, dapat dilihat bahwa kecepatan putaran (n) *motor DC* dapat diatur dengan mengubah besarnya Vt (tegangan jangkar), Ra (Tahanan Jangkar), dan φ (fluks magnet). Dalam aplikasinya seringkali sebuah motor digunakan untuk arah yang searah dengan jarum jam maupun sebaliknya. Untuk mengubah putaran dari sebuah motor dapat dilakukan dengan mengubah arah arus yang

mengalir melalui motor tersebut. Secara sederhana seperti yang ada pada gambar 2.4, hal ini dapat dilakukan hanya dengan mengubah polaritas tegangan motor (Setiawan, 2017).



Gambar 2.8 Proses Konversi Energi pada *Motor DC*
Sumber : Rijono, 1997